

Help Me!:参加型センシングにおける 参加機会創出のための情報の価値付けと可視化システム

坂村 美奈^{1,a)} 米澤 拓郎² 中澤 仁¹ 高汐 一紀¹ 徳田 英幸¹

概要:近年、センサネットワークと携帯端末を利用したセンシングが普及しより高密度、広範囲の情報を取得することが可能になった。携帯端末を利用したセンシングの中でユーザが意識的にセンサとして働く参加型センシングでは、例えば場所や天気の様子に関するタスクを閲覧・選定し情報収集・提供する。しかしユーザがタスク選定をする際、多数のタスクが混在した状況ではどのタスクを実行すれば良いか分かり辛い。本研究では選定すべきタスクを物理センサを用いて価値付け、地図上に可視化することで参加型センシングへの参加機会を創出する手法を提案する。提案手法を実現するために、本研究ではセンサネットワークと参加型センシングが同一プラットフォームで動作する統合アーキテクチャを設計・実装した。これにより、センサネットワークおよび参加型センシングが持つ両者の利点を活かしつつ、互いの欠点を補完しあったセンシング環境が実現可能となる。

1. はじめに

近年、安価で高機能かつ高精度な物理センサの普及によりセンサネットワークにおける研究が盛んである。物理センサを用いると湿度や照度などの環境情報を定量的に取得することが出来る。また、携帯端末を用いたセンシングが注目されている。スマートフォンは加速度センサや気圧センサなど様々な物理センサを搭載しており、センサの値や写真、コメント、位置情報等様々な情報を取得しリアルタイムに投稿することが出来る。ユーザがセンシングに無意識的または意識的に参加することで達成される目的のことを本論文では「タスク」と呼ぶ。例えば「歩いている間の騒音度を取得してください」、「今の天気はどうですか」といったセンシングシステムの管理者や他ユーザが提示する具体的な収集目的のことを指す。本研究ではユーザが意識的にセンサとして働く参加型センシングを取り上げる。今後、参加型センシングが普及した際、多数のタスクが身の回りに混在する状況が予想されるが、多数のタスクが混在した状況においてはユーザが参加したいという意識があっても、どのタスクを選定すれば良いか分からない、という問題が考えられる。何故なら、それぞれのタスクによって取得すべき情報や更新頻度は異なるということに対して、

タスク選定はユーザ依存であり、ユーザはそれぞれのタスクの価値が分からないからである。つまり、ユーザにとって、どのタスクに参加することが最も価値を提供できるのか分かりにくい。その結果、ユーザのモチベーション低下、参加者や達成タスクの減少など様々な弊害が考えられる。

そこで、本研究ではユーザがタスクを選定する際、どのタスクを選定し、情報収集・提供すれば良いか判別出来るようにするために、物理センサを用いてタスクを定量的に価値付け、地図上に可視化するシステム、**Help Me!**を提案する。本システムにより参加型センシングへの参加機会を創出しユーザのモチベーション向上、参加者数の増加や参加機会の創出、情報の効率的なやり取り、達成タスクの増加を目指す。提案手法を実現するために、本研究ではセンサネットワークと参加型センシングが同一プラットフォームで動作する統合アーキテクチャを設計・実装した。これによりセンサネットワークおよび参加型センシングが持つ両者の利点を活かしつつ互いの欠点を補完しあったセンシング環境が実現可能となる。本稿では作成したプロトタイプを使用して16人のユーザに対して3日間の実験を行いシステムの妥当性や汎用性に関する評価を得た。結果、本システムが参加型センシングの参加機会の創出やユーザのモチベーションをアップさせ今後様々な応用アプリケーションに利用出来ることが分かった。

¹ 慶應義塾大学環境情報学部
Faculty of Environment and Information Studies, Keio University

² 慶應義塾大学政策・メディア研究科
Graduate School of Media and Governance, Keio University

a) mina@ht.sfc.keio.ac.jp

本稿の意義は以下の3点である。

- 参加型センシングにおける参加機会創出のための情報の価値付けと可視化システムを提案、構築したこと
- Help Me!システムがユーザの参加機会創出やモチベーションアップなど期待される効果を生んだこと
- 将来の参加型センシングの為の応用アプリケーションデザインの指針を示したこと

2. 参加型センシングの現状と課題

2.1 参加型センシング

携帯端末を用いたセンシングには、ユーザが無意識的に参加を行う Opportunistic Sensing[1] と、意識的に参加を行う Participatory Sensing[2] がある。Opportunistic Sensing とは、タスクを一度承認した後モバイル端末や車などに搭載されている物理センサを用いて自動的かつ継続的にセンシングが行われるため、ユーザにとっては受動的な情報収集である。この方法はユーザへの負担は少ないが、センシング対象が限定的である。騒音や空気汚染度といった、単一種類のセンサを多数の参加者で共有することが多い。一方 Participatory Sensing は参加型センシングと呼ばれ、モバイル端末を利用するユーザがある目的をもったタスクに対して能動的に情報収集を行う。物理センサでは検知しきれない、人間の持つ知覚を生かした主観的かつ定性的な情報を得られこれまでのセンシングでは取得しきれなかったより広範囲・高密度なセンシングが可能となる。定性的な情報とは、その場の雰囲気や状況のことであり、コメントや写真などを通してレポートをすることが出来る。例として、ウェザーニュース [3] が挙げられる。ウェザーニュースは、ユーザが天気の様子やゲレンデの情報をテキストや写真を利用して投稿し集められた情報を通常の天気に関する情報共有、データ解析だけでなくゲリラ豪雨の予報などにも役立てている。参加型センシングはユーザ自身が感じたことを情報提供の際にその都度入力しなければならないためユーザへの負担は多いが、センシング対象は必ずしも限定的ではない。その場の雰囲気や状況、レポートといった複雑な環境情報を取得するためには適している。本研究では参加型センシングを取り上げる。

2.2 問題意識

参加型センシングの流れとして、まずセンシングシステムの管理者やユーザが何らかの目的を持ったタスクを発行する。そしてユーザはタスクを閲覧・選定し、タスクの指示通りに情報収集・提供を行う。場合によってはタスク設置者がタスクを提供したユーザに何らかのインセンティブを付与することもある。今後、参加型センシングが普及した際、多数のタスクが身の回りに混在する状況が予想される。多数のタスクが混在した状況においては、ユーザが参加したいという意識があっても、どのタスクを選定すれば

良いかわからない、という問題意識が考えられる。何故なら、それぞれのタスクによって取得すべき情報や更新頻度は異なるということに対して、タスク選定はユーザ依存であり、ユーザはそれぞれのタスクの価値がわからないからである。つまり、ユーザにとって、どのタスクに参加することが最も価値を提供できるのか分かりにくい。

2.3 目的

本研究の目的はユーザがタスクを選定する際、どのタスクを選定し、情報収集・提供すれば良いか判別出来るようにすることである。どのタスクを選定すれば良いか判別できるようにになれば、更新が必要なセンサを更新することが出来たり、どのタスクを更新すべきか悩むことが減ったりする。この目的が達成されることで、ユーザのモチベーション向上、参加者数の増加や参加機会の創出、情報の効率的なやり取り、達成タスクの増加が期待される。本システムに必要な機能要件を挙げる。

- R1:ユーザのタスクに対する価値付け
- R2:タスクに付加された価値の可視化

R1 について、まず多数存在するタスクの中から最も更新すべきタスクを選出するためにはタスクを客観的に価値付けることが必要である。また、R2 について、タスクに付加された価値を可視化することは、どのタスクをユーザが選定すれば良いか一目で判断出来るようになるだけでなく、タスクを更新しマーカー色に変化することで自分があるタスクに関する情報収集・提供をした、という他者への貢献度という形での満足感を向上させられる可能性がある。また、ユーザの参加の動機付けにもなる。以上の機能要件に対して、3章でアプローチを述べる。

2.4 関連研究

インセンティブ金銭的なインセンティブを与える研究として、大学構内に存在するゴミ箱の写真撮影するタスクにどの程度金銭的な報酬を与えることが最も効率的か調査する研究 [4] がある。また、Dynamic pricing incentive for participatory sensing[5] では、ユーザがサービスプロバイダに対して自身が取得した情報を申請した金額と共に売買を行う際、動的に適切な金額を設定しつつ参加者を確保している。しかし金銭的なインセンティブを与えることは導入資金や継続する為のコストが高く、また、人間の動機付けは必ずしも金銭的なものだけで行われる訳ではない。ユーザに有益な情報を与えるアプリケーションの配布をする等、非金銭的なインセンティブを与える研究も多く存在する。

アプリケーションを配布する例として THE COPENHAGEN WHEEL [6] では、自転車に搭載された物理センサがユーザの iPhone 等のモバイル端末と連携し専用のアプリケーションを使用することで道幅や起伏等の情報を取

得することが出来る。それを元に最適の自転車走行ルート
をナビゲーションしたり、走行距離や消費カロリーのログ
を蓄積したりする。ユーザにとっては意識せず環境モニタ
リングのために空気汚染などの環境情報や気象情報をセン
シングすることが出来るだけでなく自分の健康管理やナビ
ゲーションに使用することがインセンティブとなる。また
参加する意志があるユーザであれば情報を取得してくれ
る例として、Using Stranger as Sensors[7]がある。この研
究では金銭的なインセンティブは行っておらず、例えイン
ターネットを介した見知らぬ人に対してであっても困って
いる人のために情報を取得してくれる人が多く存在するこ
とを示している。本研究でも不特定多数の人を対象にアプ
リケーションを配布する。また、本研究ではコストが低い
非金銭的なインセンティブを与えるが、既存研究のように
ユーザにとって参加した結果として有用な情報を与えるだ
けでなく参加をする際にタスクの価値付けと可視化を行う
ことでタスクの選定や実行のをしやすくすることに意義
がある。

タスクに関する設定や配信を容易化するツール参加型
センシングのアプリケーションを構築するためのタスク
に関する設定や配信を容易化するツールやシステムは、
Sensr[8]、Medusa[9]、PRISM[10]など、数多く存在する。
しかし、これらはいくまで参加型センシングのためのシス
テムであり、本研究は参加型センシングと物理センサを同
一プラットフォームで実現する。本研究でもタスクに関す
る設定の際ユーザの負担を減らし、簡単に配信出来るシ
ステムを構築する。

本研究は既存研究に良く見られるようにあるひとつのタ
スクを対象としているのではなく、今後多数のあらゆるタ
スクが混在した場合を想定している。参加型センシングの
多数のタスクを対象にした研究は未だ無い。また、ユーザ
の参加機会創出のために物理センサを使用し価値付け、可
視化することで参加をよりしやすくする。物理センサと参
加型センシングを組み合わせることでより広範囲・高密度
の情報を得ることが可能となる。そのために、参加型セン
シングとセンサネットワークを同一プラットフォームで実
現するところにも本研究の意義がある。

3. Help Me!システム

3.1 概要

タスクの価値付けには、タスクの最終更新時間、ユーザや
サービスプロバイダのニーズ、そして状況の変化等による
ものが考えられる。しかし、特に状況の変化に関してユー
ザが常に状況を監視している必要は無い。そのため本研究
における状況変化の監視・検知は、物理センサを用いて正
常状態・異常状態を定量化することで判別する。何らかの
きっかけを物理センサが検知し、状況が異常と判断された
場合、それをユーザに通知し、タスクをレポートしてもら

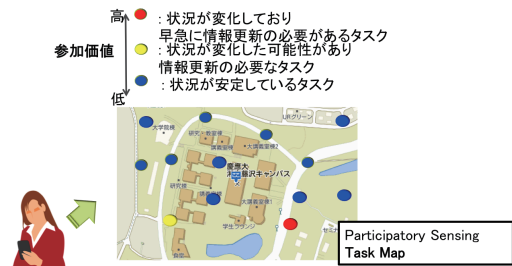


図 1 Task Map のイメージ

う。そして価値付けされたタスクはユーザの現在地情報を
中心とした地図上に可視化する。ユーザの周辺にあるタス
クを地図上に可視化することで、参加の意志があった際に
参加して貰いやすくするためである。位置情報を用いて、
ユーザの周辺にあるタスクの参加をお願いする参加型セン
シングの形は関連研究やサービスで良く見られる。例えば
ウェザーニュース [3] では、ユーザがいる場所の天気の様
子をタスクとしてお願いする。つまり、何らかのタスクに
対して、照度や温度、加速度等で取得可能である単一的な
情報は物理センサに任せ、物理センサが状況の変化を検知
した際、ユーザに助けを求める。そして、ユーザは人でな
ければ取得出来ない複雑な情報をタスクとしてレポートす
る。Task Map のイメージを図 1 に示す。この Task Map
上では、ユーザの現在地の周りに存在するタスクが価値に
よって色分けされている。赤いタスクは状況が変化して
おり早急に情報更新の必要があるタスク、黄色いタスクは
状況が変化した可能性があり情報更新の必要なタスク、青
いセンサは状況が安定しているタスクとして価値付け、可
視化されており、ユーザはこの Task Map をもとに自分が
参加すべきタスクを決定しセンシングに参加する。

3.2 Help Me!システムモデル

取得したい事象には、事象の変化検知を行う物理センサ
に任せる部分と、変化検知があった際より複雑な情報を取
得するユーザが行う部分の 2 つに分かれる。つまり、一次
センサとして物理センサを、二次センサとしてユーザによ
る参加型センシングを利用する。Help Me!では、物理セン
サをタスクにを紐付けることを「物理センサを参加型セン
シングのタスクにフォローさせる」と表現する。Help Me!
システムモデルを図 2 に示す。タスクをフォローしている
物理センサはそのタスクの状況変化を常に監視しセンサ
データを Help Me!システムに送信している。センシング
対象が変化した可能性を検知した場合、システムがユーザ
に Help Me!とセンシング要求を行い、ユーザがセンシング
対象の様子をレポートし人ならば分かる情報を送信する。
このように物理センサと参加型センシングがお互い補完し
あうことで、検知したい事象を効率よく、センシングする
ことが出来る。

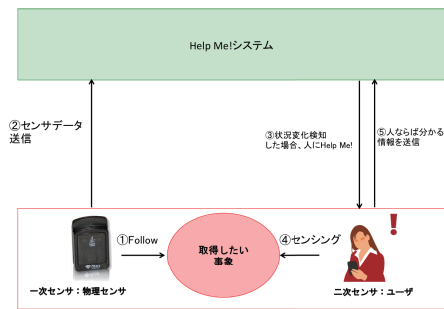


図 2 Help Me! システムモデル

表 1 具体的なアプリケーション例

タスク内容	物理センサ	ユーザ
バスやタクシーの列	人の存在	混雑状況
会議室の使用状況	ドア開閉, 照度	室内の人数, 使用状況
ゴミ箱	重さ, 照度	内容物, 様子の確認
花	気温	種類, 開花状況
天気	湿度, 気温, 風量	雲の様子, ゲリラ豪雨
交通状況	車の加速度, GPS	渋滞の原因, 道の様子
高齢者見守り	家電の使用状況	様子の確認
工場の機械の動作	機械の異常	実際のエラー確認
冷蔵庫の使用状況	冷蔵庫のドア開閉	内容物確認

3.3 Help Me!システム応用例

本節では、Help Me!システムを実際にどう応用出来るかを述べる。物理センサは照度、気温、騒音、加速度等の定量的データを取得する。ユーザは雰囲気、程度や種類、様子、原因、内容等の定性的データを取得する。具体的なアプリケーション例を表 1 に示す。バスやタクシーの列に関しては、人の存在の有無を物理センサで取得できただけでは、実際どのくらい列が進んでいるのか、具体的に何人並んでいるのかといった詳細情報が分からない。そこで、ユーザにより具体的な混雑状況をレポートしてもらう。また、会議室の使用状況に関して、会議室のドア開閉を加速度センサで検知したり、電球の ON/OFF を照度センサで検知することが出来る。会議室に何らかの変化が起きた場合にユーザに部屋で行われていることや終了予定時刻などをレポートしてもらう。これは会議室だけでなく、教室の授業の状況や学会会場における講演状況、イベント検知に利用可能であると考えられる。ゴミ箱に関して、ゴミ箱に重さや照度の分かるセンサを設置しておけば、ゴミ箱の内容物に変化があった場合にユーザに内容物の確認や様子を確認してもらうことが出来る。それらの情報を周辺の清掃状況の把握に役立てることも出来る。また、花の状況は気温を測定することで大体の開花情報は予測できるが、実際にどのくらいどの花が開花し景色がどうなっているかは人でなければ分からない。同様に天気、交通状況に関して物理センサである程度は推測できる事象でも実際に人がその天気に対してどう感じるかや、渋滞の際の実際の道の様子は物理センサだけでは検知しきれない場合がある。高齢者見守りにおいても、家電や照明器具の使用状況が普段と違った場合などに人に様子確認をお願い出来る。また、工場での機械制御や冷蔵庫の使用状況の確認といったスマートハウスでの応用も考えられる。ここで挙げた応用例以外にも、様々なアプリケーション例が考えられる。いずれの場合においても、ユーザが自由に物理センサをタスクにフォローさせられることで、物理センサと参加型センシングが共存できる環境がより構築しやすくなる。

4. Help Me!センシングアーキテクチャ

4.1 XMPP を用いたセンサネットワークと参加型センシングの為に統合アーキテクチャ

本システムにおいて物理センサによるセンシングと参加型センシングは密接に連携する必要があるため、これらは同一のプラットフォームで動作することが望ましい。そのため本研究ではセンサネットワークと参加型センシングのための統合アーキテクチャを提案・構築する。本節では、これを実現するために本研究で扱う手法を説明する。XMPP[11]とは、XML ベースのオープンソースのインスタントメッセージングのプロトコル及びクライアント、サーバの総称である。XMPP は仕様全てが公開されており、ドメインとサーバさえあれば自分専用の XMPP サーバを立ち上げられることが特徴のひとつである。また、XMPP は強固なセキュリティが組み込まれておりグループチャットやビデオチャットのための仕様など様々な拡張機能の仕様 (XEP:XMPP Extension Protocol) も定義されているため柔軟性がある。本アーキテクチャでは、XEP の publish-subscribe extension[12] を利用する。publish-subscribe extension を使用すると、タスクとして定義した仮想のイベントノードに対して、物理センサ及びユーザによるセンシングの両方が何らかの情報を publish (投稿) することが出来る。また、publish された情報を手軽に subscribe (購読) することが出来る。本研究において物理センサやユーザによるセンシングから得られた情報をアプリケーションが利用する際、情報を利用するアプリケーションにとっては、その情報が物理センサから得られたものなのか、ユーザから得られたものなのかはさほど重要ではない。つまりアプリケーションにとっては必要とする情報が取得出来れば良いため物理センサとユーザによるセンシングの間の差異を感じる事の無く、同一のアクセス手段や API で情報を取得することが望ましい。これらの理由から本アーキテクチャでは同一 API で情報を取得することのできる publish-subscribe extension を利用する。

4.2 Sensor Andrew

本アーキテクチャは、アメリカのカーネギーメロン大学で開発された Sensor Andrew[13] という、異種センサノードのセンサデータを統合的に扱えるミドルウェアをベースとしている。Sensor Andrew は前節で述べた XMPP を用いて構築されている。

アプリケーションが物理センサ又はユーザから送られてきた情報を活用する際、その情報のフォーマットを知る必要がある。そこで、本アーキテクチャではタスクとして定義された仮想のイベントノードをメタノードとデータノードの2つをペアとして扱う。メタノードは、物理センサまたは参加型センシングに関する情報のフォーマットを定義する。Sensor Andrew では緯度、経度、kelvin などの物理センサに関する単位が既に定義されているが、本システムの際に必要な参加型センシングに関するテキスト入力や、選択肢、写真や動画、音声ファイルについての定義はされていないため、今回 Sensor-Over-XMPP[14] の拡張を行った。参加型センシングの定義も物理センサと同じようにメタノードに記述することで、参加する際に表示されるインタフェースも動的に取得し、それぞれのタスクにあったインタフェースを生成することが可能となる。また、データノードには実際の物理センサが取得したセンサデータや、ユーザが取得したタスクの内容に関するテキストや写真などを記述する。この2つのノードをセットにして publish したり、subscribe する。

物理センサ及びユーザによるイベントノードへの publish 及び subscribe の様子を図3に示す。この図において、物理センサはデータノードに対して取得した実際のセンサデータを記述することでイベントノードに対して publish を行っている。ユーザ A は、イベントノードのメタノードに対して操作を行っており、フォーマットの定義を行っている。ユーザ B は、イベントノードのデータノードに対してタスクの内容に関するテキストや写真などを記述している。ユーザ C はイベントノードの subscribe を行っているため、物理センサやユーザ A, B が publish した情報をリアルタイムに取得することが出来る。publish された情報は DB やアプリケーションにも活用される。

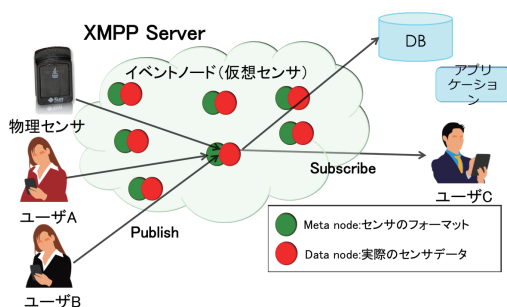


図3 物理センサ及びユーザによるイベントノードへの publish/subscribe

4.3 作成したタスクへの操作

作成したタスクへの操作は、投稿、購読、監視、削除機能を持つ。投稿機能はタスクに対してユーザが取得した情報を投稿する機能、購読機能はユーザがタスクを Task Map に表示するかどうかということであり、タスクを購読すると、Task Map に価値付けされたタスクが可視化され、自由に投稿できるようになる。反対にタスクの購読を停止すると、Task Map 上にはタスクが表示されなくなる。監視機能は、そのタスクに対して物理センサが取得する値や、参加ユーザが投稿したタスクの情報をリアルタイムに表示することが出来る。物理センサが正常に動作しているか確認したり、ユーザからのセンシングの様子を逐一確認することが出来る。削除機能は作成したタスクのメタノードやデータノードの定義自体を削除するため他ユーザの Task Map から表示も出来なくなる。

5. 設計と実装

5.1 ソフトウェア構成

Help Me!システムのソフトウェア構成図を図4に示す。なお、以下の図は予め作成したタスクに対して物理センサ又は参加ユーザが情報の提供を行い、Task Map が更新される際のソフトウェア構成図である。Sensor/Human Sensor Data 取得モジュールについて、まず物理センサまたはユーザが取得した情報は、まず XMPP サーバに送られる。XMPP サーバはその値を Help Me!サーバに送る。物理センサの値は Sensor Data 取得モジュールに、ユーザからの値は Human Sensor Data 取得モジュールに送られる。Sensor/Human Sensor Data 解析モジュールについて、物理センサ又はユーザから取得された情報をここで解析する。メタノードに定義されたタスクの形式を元に物理センサからの情報であれば状況の変化検知を行う。ユーザからの情報であればタスクの情報をここで抽出しそれぞれ Human/Sensor Help ON/OFF 判別モジュールに送られる。Human Help ON/OFF 判別モジュールでは、Task Map の更新についての操作を行う。物理センサが環境の状況変化を検知した場合やユーザがリアルタイムにタスクの状況を知りたい場合には、Human Help を ON にする。また、ユーザがタスクを更新した際には、Sensor Help を OFF にする。Task Map 作成モジュールでは、Sensor Help ON/OFF に基づき、Task Map を作成、更新する。Task Map は一定時間またはユーザが更新した際に更新され取得された情報を元にリアルタイムに作成、更新される。

5.2 実装環境

XMPP サーバは CPU: Intel Core i7 2.93GHz, 主記憶: 16GB, OS: Mac OS X v10.8.5, HDD: 251GB, Help Me! サーバは CPU: Intel Core i7 1.8GHz, 主記憶: 4GB, OS: Mac OS X v10.7.5, HDD: 251GB の環境で実装を行った。開

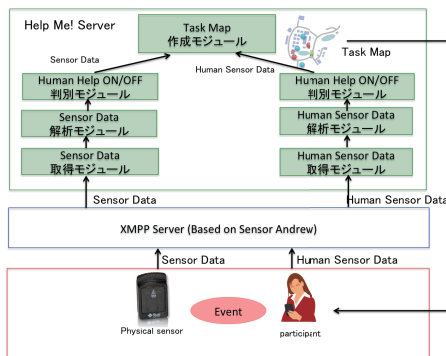


図 4 Help Me!システムのソフトウェア構成図

発言語は Java を使用した。また、物理センサとして Sun SPOT[15] の加速度センサを使用し SAMSUNG 製 GALAXY S4(Android 4.2) 上でアプリケーションの開発を行った。

5.3 プロトタイプ

プロトタイプでは参加ユーザに会議室の使用状況に関するレポートをしてもらった。参加のきっかけとして物理センサに Sun SPOT の 3 軸加速度を使用してドアが開閉したかどうかを検知し、検知された場合会議室の位置情報と紐づけられた Task Map 上のマーカーの色を変更した。参加ユーザが入力する情報は部屋の数、イベント内容、終了予定時刻、コメントとした。タスクを更新する必要がある場合は振動により通知して参加を促した。通知は誰かが更新を行い再度タスクが平常状態に戻るまで 10 分に 1 回通知がされるようにした。さらに、他ユーザが投稿した内容や今の会議室の使用状況を知るために全ユーザが投稿した情報を Twitter に投稿した。

6. 評価と考察

6.1 評価方針

Help Me!システムが会議室の様子をレポートするというタスクに価値付けを行い、Task Map に可視化することで情報収集・提供すべきタスクの更新をユーザに促し、ユーザが実際に更新できたかどうか評価を行った。また期待される効果としてユーザのモチベーションアップや参加機会の創出等があったかどうかについても評価を行った。実験は研究室に所属する 16 人に今回作成した Android アプリケーションを配布し 2014 年 1 月 15 日から 17 日までの 3 日間慶應義塾大学湘南藤沢キャンパス徳田研究室のミーティングスペースである SSLab を使用して行った。使用センサである Sun SPOT は SSLab のドアに取り付けた。

6.2 結果概要と考察

ユーザの投稿数に関して、全体の投稿数は 48 個で、1 日目:18 個、2 日目:17 個、3 日目:13 個であった。最少 0 個、

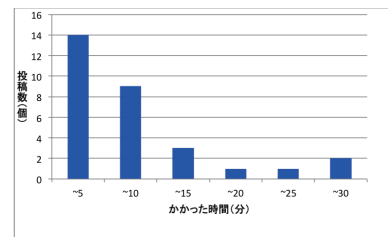


図 5 投稿までにかかった時間 (5 分毎)

最多 12 個で 1 個か 2 個投稿した人が計 8 人いた。また、一度ドアの開閉が検知されマーカーが赤色に変更された後投稿までにかかった時間は平均で 33.5 分だった。投稿までの時間のうち特に 30 分以下のものであった 30 個に関して 5 分毎に解析した結果を図 5 に示す。多いものでは 2, 3 時間かかるものも見受けられたが多くの投稿が 15 分以内に投稿された。ユーザの投稿した時間は 11 時~23 時の間が殆どだった。なお会議室の使用が終了された後の深夜時間帯は除いた。

また、全体で発生した主なイベントは 17 個だった。イベントの内訳は、企業の方々とのミーティング、研究グループのミーティング、話し合いや相談、学生の研究作業や勉強、お昼ご飯、何も行われていないだった。投稿によりイベントが検知できた数は 16 個で検知できなかったイベントは 15 日の 10 時から 11 時 45 分まで行われた企業の方々とのミーティング 1 つだった。

考察としてユーザ 1 人当たりによる投稿数は 0 から 12 とばらつきのあるものの、検知されたイベント数は網羅されていた。投稿までにかかった時間は今回のレポート対象である会議室というタスクにおいてはイベント検知は十分に可能である。今後より多くのユーザに協力してもらうことでさらにタスクの達成時間を減らすことができる。また、タスクにより必要な達成時間は異なるため、今後タスクを増やす上で、どの程度更新の緊急性が必要なのか、タスクによって振り分けをすることが必要である。

6.3 定性的評価結果と考察

本システムのアプローチの妥当性、ユーザビリティ評価、目的達成度、期待される効果に関してとフィードバックについてアンケートで 5 段階による評価とその理由を聞いた。評価は、5:とてもそう思う、4:そう思う、3:どちらともいえない、2:あまりそう思わない、1:全くそう思わないである。

アプローチの妥当性

アプローチについてのアンケート結果を表 2 にまとめる。タスクの価値付けについて、部屋の状況変化検知としてドアが開閉されたかどうか判別したことは全員から適切だったという意見を得た。しかし会議室の中にある荷物や飲食物を取りにいくだけで部屋の様子に変化したと検知されてしまったことがユーザにとって負担になってしまったためドアの開閉だけでは通知が多すぎて考慮が不十分で

表 2 アプローチについてのアンケート結果

質問	1	2	3	4	5	平均
部屋の状況変化検知として ドアが開閉されたかどうか 判別したことは適切だった	0	0	0	5	11	4.688
マーカーの色が変わる タイミングは適切だった	0	0	9	4	3	3.625
マーカーの色を赤や青に 変化させたことは適切だった	0	0	2	4	3	4.188
タスクを位置情報に基づき 可視化したことは適切だった	0	0	3	10	3	4

あった。また、タスクのマーカーの色が赤や青に変わるタイミングについての理由は「変わる頻度が多すぎた」、「通知が来ないことがあった」、「自分が気になってアプリケーションを開いたときはいつも色は一定だった」だった。荷物や飲食物を取りにいくだけの行動も検知されてしまったため頻繁にマーカー色を変更しユーザにストレスを与えたこともあった。今後照度センサにより電気の ON/OFF を取得することなどで様々な物理センサやユーザのニーズを取り入れた価値付けを行う。

また、タスクの可視化についてマーカー色を変化させたことは適切だったという意見が最も多かった。理由は「視覚的に赤や青で色分けされたことは分かりやすかった」「何気なくアプリケーションを開いたときに青色のマーカーが見えると安心した」だった。一方「タスクの緊急度によってさらにマーカーの色を変化させると良い」、「さらにタスクが増えた場合には色分けだけで足りるのか分からない」という意見があった。地図上で位置情報に基づきタスクを可視化したことに関して適切だったという意見が最も多かった。理由は「沢山のタスクがあった場合に場所が分かればタスクが達成しやすい」、「自分の近くにあるタスクを探しやすい」という意見が多かったが、一方「今後タスクが同じ建物内に発生したり、大学の構内で数十個、数百個のイベントが発生した場合に現在の地図投影方式では分かりづらい」という意見があった。タスクのマーカー色の変化は今回のプロトタイプでは良い評価を得ることが出来たが今後タスクが増えた場合には色だけでは可視化が十分ではない。これは位置情報を用いたタスクの地図上での可視化でも指摘された。タスクが増えた場合自分が気になるタスクだけを地図上に表示させたり、タスクの種類によって緊急度をさらに詳細に分ける必要や、ユーザサイドの意見も取り入れた Task Map の作成などが考えられる。

ユーザビリティ評価

ユーザビリティ評価についての結果を表 3 にまとめる。通知のタイミングについては意見が分かれ、SSLab の様子

表 3 ユーザビリティについてのアンケート結果

質問	1	2	3	4	5	平均
通知のタイミングは適切だった	0	6	6	4	0	3.875
通知方法は適切だった	0	3	2	8	3	3.688

を常時知りたいユーザやさほど通知が気にならないユーザからは「適切だった」という意見を得た。しかし一方で、「通知が多すぎる」、「自分がどうしても参加できないときにでも通知がきたので自分には解決できないと分かっている際の特異なボタンが欲しい」、「今回の会議室というタスクでは良かったが、タスクにより通知間隔は異なると思う」という意見を得た。ユーザそれぞれの状況やタスクの内容により通知のタイミングは見計らうべきであることが分かった。

通知方法については適切だったという意見が最も多かった。理由として「気づきやすい」、「Twitter やメールでの通知では煩わしいと感じるのでアプリケーションから通知されて良かった」という意見がある一方「通知方法をユーザが自由に選択できるとなお良い」という意見があった。通知の回数について通知をオフにする機能やユーザの状況に応じた通知方法、通知のタイミングが必要である。また、タスクによっても通知間隔が異なることが分かった。今後通知方法やタイミングをユーザ側で自由に設定できるようにすることが必要である。

目的達成度

目的達成度に関する結果を表 4 にまとめる。本システムを使用することにより、ユーザが更新しようと思ったときにそのタスクを更新すべきかどうか判断できたかどうかについてはどちらともいえないという意見が多かった。「地図を見てすぐに分かった」、「色分けによる可視化と通知により良く分かった」という意見がある一方「被験者の数によるのでどちらともいえない」という意見もあった。また、実験期間が 3 日間であったこと、本アプリケーションの使い方や趣旨が伝わりきれていないユーザもいたため、更新の判断をいつすれば良いか、状況が上手くつかめなかったユーザもいた。

本システムを使用することでいつ参加すれば良いか気づくことが出来たかに対してとても出来た、出来たと答えるユーザが殆ど占めた。理由として、「参加のきっかけになった」、「通知の方法やタイミングを今後改善すれば、より明確に参加の判断が行える」、「参加のタイミングを教えてくれるので参加すべき、しないの定義がはっきりしており、分かりやすかった」、「いつ参加すれば良いかは意識していない」という意見を得た。目的達成については全体として更新の判断についてはシステムの趣旨が伝わりづらくあまり更新の判断が出来なかったユーザも見受けられたが、使用しているうちに更新の判断が出来るようになったユーザもあり、今後は長期間の実験を行い被験者の数を増加することで改善していく。

期待される効果に関して

期待される効果に関しての結果を表 5 にまとめる。参加に対するモチベーションについて半数以上の 14 人のユーザがアップしたと回答した。理由は「自分の負担にならな

表 4 目的達成度についてのアンケート結果

質問	1	2	3	4	5	平均
本システムによりタスクを更新すべきかどうか判断できた	1	1	8	4	2	3.313
本システムによりいつ参加すれば良いか気づくことが出来た	0	1	2	11	2	3.875

表 5 期待される効果についてのアンケート結果

質問項目	1	2	3	4	5	平均
本システムにより参加のモチベーションはアップした	0	0	2	13	1	3.938
本システムにより参加の機会は増えた	0	0	3	8	5	4.5

いたスクであれば日常生活に取り入れたい」、「Twitter で自分の投稿や周りの投稿が見れたので楽しかった」、「簡単で皆で参加が出来たから」、「自分が欲しい情報が本システムを通じて入手できると分かればモチベーションがあがる」だった。本システムにより参加機会が増えたかどうかについて半数以上の 13 人のユーザが増えたことと回答した。理由として「普段あまり意識したことがなかったから」、「可視化や通知により自発的な投稿よりも参加機会は確実に増えた」という意見を得た。結果として意欲的に参加をする意識があるユーザにとっては参加機会が普段よりも増加したことが分かった。参加の機会が増加しなかったと感じるユーザには有益な情報をシステム側から与えたり、貢献度の可視化や Thank you point の導入により他ユーザが貢献したり楽しんでいる状況を可視化することで今後システムに積極的に参加してもらえるようになるのではないかと考える。また、今後本アプリケーションや類似アプリケーションを使用したいかアンケートを取った結果、半数以上の 14 人のユーザが使用したいと答えた。理由は「使うメリットが参加するコストに見合うなら使用したい」、「その場所に合ったものもらいたい質問をされたら答えたい」、「有益な情報なら使用したい」という意見が得られた。今回多くのユーザが参加型センシングのアプリケーションに意欲的であり人ではなくてもシステム側が Help Me! と言ってもユーザは貢献してくれることが分かった。今後行列の検知や緊急時の応用、イベント検知に加え、普段自分が使用するバスやキャンパス内のテニスコートなどの類似アプリケーションを提案し、作成していく。

7. おわりに

センサネットワークの普及と携帯端末を用いたセンシングの普及が進んでいるが、特にユーザが意識して参加を行う参加型センシングが今後広まった際多くのタスクが混在した状態ではユーザにとってタスクの価値が分からず選定に困る恐れがある。本システムでは物理センサと参加型センサを組み合わせることによって選定すべきタスクを価値付けし Task Map 上に可視化した。プロトタイプによる実

験、評価や考察などの結果から本システムにより参加型センシングにおける参加機会の創出が出来たといえる。本システムの利用可能範囲は室内、屋外問わず広範囲であり応用アプリケーションも多く考えられる。今回得られた知見を活かし、作成したプロトタイプの追加機能や類似アプリケーションの作成に努めると共に物理センサの決定木学習を可能にし動的な状況変化検知を行うことでユーザによるタスク作成を可能にし本システムの汎用性を高めていく。

謝辞 本研究の一部は、独立行政法人情報通信研究機構に支援頂いた。

参考文献

- [1] Campbell, A. T., Eisenman, S. B., Lane, N. D., Miluzzo, E., Peterson, R. A. (2006, August). People-centric urban sensing. In Proceedings of the 2nd annual international workshop on Wireless internet (p. 18). ACM.
- [2] Burke, J. A., Estrin, D., Hansen, M., Parker, A., Ramanathan, N., Reddy, S., Srivastava, M. B. (2006). Participatory sensing.
- [3] ウェザーニュース. <http://weathernews.jp/>
- [4] Reddy, S., Estrin, D., Hansen, M., Srivastava, M. (2010, September). Examining micro-payments for participatory sensing data collections. In Proceedings of the 12th ACM international conference on Ubiquitous computing (pp. 33-36). ACM.
- [5] Lee, J. S., Hoh, B. (2010). Dynamic pricing incentive for participatory sensing. Pervasive and Mobile Computing, 6(6), 693-708.
- [6] THE COPENHAGEN WHEEL. <http://senseable.mit.edu/copenhagenwheel/index.html>
- [7] Liu, Y., Alexandrova, T., Nakajima, T. (2013, May). Using stranger as sensors: temporal and geo-sensitive question answering via social media. In Proceedings of the 22nd international conference on World Wide Web (pp. 803-814). International World Wide Web Conferences Steering Committee.
- [8] Kim, S., Mankoff, J., Paulos, E. (2013, February). Sensr: evaluating a flexible framework for authoring mobile data-collection tools for citizen science. In Proceedings of the 2013 conference on Computer supported cooperative work (pp. 1453-1462). ACM.
- [9] Ra, M. R., Liu, B., La Porta, T. F., Govindan, R. (2012, June). Medusa: A programming framework for crowd-sensing applications. In Proceedings of the 10th international conference on Mobile systems, applications, and services (pp. 337-350). ACM.
- [10] Das, T., Mohan, P., Padmanabhan, V. N., Ramjee, R., Sharma, A. (2010, June). PRISM: platform for remote sensing using smartphones. In Proceedings of the 8th international conference on Mobile systems, applications, and services (pp. 63-76). ACM.
- [11] XMPP standard foundation. <http://xmpp.org/>
- [12] XEP-0060: Publish-Subscribe. <http://xmpp.org/extensions/xep-0060.html>
- [13] Sensor Andrew. <http://sensor.andrew.cmu.edu/users/login>
- [14] Sensor-Over-XMPP. <http://xmpp.org/extensions/inbox/sensors.html>
- [15] Sun SPOT World. <http://www.sunspotworld.com/>